

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-195587

(43)Date of publication of application : 28.07.1998

(51)Int.Cl.

C22C 37/04

C21C 1/10

C22C 33/08

(21)Application number : 08-359032

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 26.12.1996

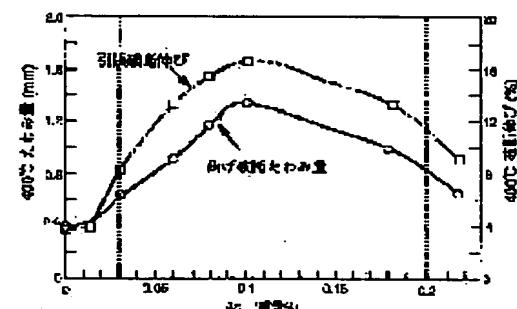
(72)Inventor : KOBAYASHI TAKAO
NISHINO KAZUAKI
IWANAGA SHOGO
AWANO YOJI
HIBINO YOSHIHIRO
UENO HARUMI

(54) SPHEROIDAL GRAPHITE CAST IRON AND EXHAUST MANIFOLD EXCELLENT IN INTERMEDIATE TEMPERATURE DUCTILITY, AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce spheroidal graphite cast iron and exhaust manifold excellent in ductility in an intermediate temp. brittle region of about 400° C.

SOLUTION: This cast iron has a compsn. contg., by weight, 2.7 to 4.2% C, 3.5 to 5.2% Si, ≤1.0% Mn, ≤0.03% S, 0.02 to 0.15% Mg (or contg. at least 0.02% Mg and at least one or more kinds among Mg, Ca and rare earth elements by 0.02 to 0.15%), 0.03 to 0.20% As, and the balance Fe with inevitable impurities.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-195587

(43)公開日 平成10年(1998)7月28日

(51)Int.Cl.⁶
C 22 C 37/04
C 21 C 1/10
C 22 C 33/08

識別記号

F I
C 22 C 37/04
C 21 C 1/10
C 22 C 33/08

Z
Z

審査請求 未請求 請求項の数6 FD (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-359032

(22)出願日 平成8年(1996)12月26日

(71)出願人 000003609
株式会社豊田中央研究所
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1
(71)出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(72)発明者 小林 孝雄
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 西野 和彰
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

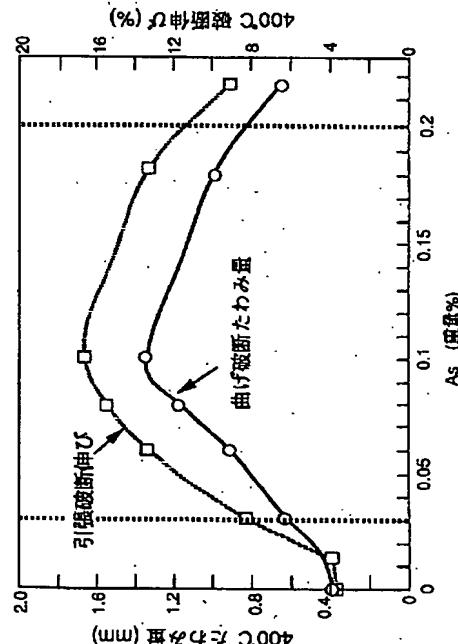
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄、エキゾーストマニホールド、およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄、エキゾーストマニホールド、およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 C: 2.7~4.2重量%、Si: 3.5~5.2重量%、Mn: 1.0重量%以下、S: 0.03重量%以下、Mg: 0.02~0.15重量%（またはMgを少なくとも0.02重量%含み、Mg, Ca, 希土類元素の少なくとも1種以上: 0.02~0.15重量%）、As: 0.03~0.20重量%、残部: Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄、エキゾーストマニホールド、およびその製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主要成分としてC、Si、Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる球状黒鉛鋳鉄であって、Asを0.03～0.20重量%含んでなることを特徴とする中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄。

【請求項2】 C：2.7～4.2重量%，
Si：3.5～5.2重量%，
Mn：1.0重量%以下、
S：0.03重量%以下、
Mg：0.02～0.15重量%、または、Mgを少なくとも0.02重量%含み、Mg、Ca、希土類元素の少なくとも1種以上：0.02～0.15重量%，
As：0.03～0.20重量%，
残部：Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄。

【請求項3】 主要成分としてC、Si、Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有し、基地強化成分としてCr、Mo、W、Ti、V、Ni、Cuの少なくとも1種以上を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる球状黒鉛鋳鉄であって、Asを0.03～0.20重量%含んでなることを特徴とする中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄。

【請求項4】 C：2.7～4.2重量%，
Si：3.5～5.2重量%，
Mn：1.0重量%以下、
S：0.03重量%以下、
Mg：0.02～0.15重量%、または、Mgを少なくとも0.02重量%含み、Mg、Ca、希土類元素の少なくとも1種以上：0.02～0.15重量%，
Cr、Mo、W、Ti、Vの少なくとも1種以上：1重量%以下、
Ni、Cuの少なくとも1種以上：3重量%以下、
As：0.03～0.20重量%，
残部：Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄。

【請求項5】 前記請求項1～請求項4に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかからなることを特徴とするエキゾーストマニホールド。

【請求項6】 前記請求項1～請求項4に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかの組成となるように原料を調製し、鋳造することにより、400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄としてなることを特徴とする球状黒鉛鋳鉄の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄、エキゾーストマニホールド、およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 自動車の排気系部品用材料は、高温加熱～冷却が繰り返される環境下で使用されるため、耐酸化性および耐熱疲労性が要求され、安価で形状容易性に優れた高Si球状黒鉛鋳鉄が使用されている。近年、エンジンの高出力化、低燃費化により、排気ガス温度がより高温度になり、使用環境がますます厳しくなっており、Moなどを添加して基地を強化するなどの改良が検討されている。しかしながら、これら従来の高Si球状黒鉛鋳鉄は、400°C近傍で延性が低下する現象を有する。

10 これは、中温脆化現象（中温脆性）と言われ、球状黒鉛鋳鉄に見られる特有の現象であって、400°C近傍で発生し、粒界破壊により延性が低下する現象であり、これが熱疲労特性低下の原因となっている。

【0003】 そこで、これら問題を解決するため、PまたはP+Tiの含有量を制御した「高韌性耐酸化フェライト球状黒鉛鋳鉄」（特開昭61-73859号公報）が提案されている。この球状黒鉛鋳鉄は、Si含有量がJISの球状黒鉛鋳鉄より高いが所謂高Si球状黒鉛鋳鉄より少ないにもかかわらず耐酸化性に優れ、更に結晶粒を細かくすることによって韌性を高めることができる、としている。また、MgやPの含有量のみならずMg/P（重量比）を制御した「球状黒鉛鋳鉄とその製造方法」（特開平7-18367号公報）が提案されている。この球状黒鉛鋳鉄は、従来のJIS規格の球状黒鉛鋳鉄、高珪素含有球状黒鉛鋳鉄、その他一般的の球状黒鉛鋳鉄の化学組成のものであっても、特にMgとPの成分範囲とそれらの比を特定して鋳造することによって、格段に優れた耐青熱脆性を備えた材料とすることができる、としている。

30 【0004】 【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、特開昭61-73859号公報に記載の「高韌性耐酸化フェライト球状黒鉛鋳鉄」および特開平7-18367号公報に記載の「球状黒鉛鋳鉄とその製造方法」は、何れもMg、Pの組成コントロールが難しいという問題点を有している。すなわち、Mgの含有量は、球状化処理時の浴湯の温度、保持時間、球状化処理の方法などによってばらつく。また、Pは溶解原料として使用する鉄鉱、銅屑から混入する不可避不純物元素であり、原料によるばらつきが大きい。このため、最終鋳物製品におけるこれら元素の含有量をコントロールすることが難しい。そこで、本発明者らは、上述の如き従来技術の問題点を解決すべく鋭意研究し、各種の系統的実験を重ねた結果、本発明を成し遂いたものである。

【0005】 （発明の目的） 本発明の目的は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄を提供するにある。本発明の目的は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れたエキゾーストマニホールドを提供するにある。本発明の他の目的は、MgやPの含有量の如何を問わず、難しく複雑な管理を必要とす

ることなく、400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄を容易に製造できる方法を提供するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

【0007】〔第1発明〕本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、主要成分としてC、Si、Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる球状黒鉛鋳鉄であって、Asを0.03~0.20重量%含んでなることを特徴とする。

【0008】

【発明の効果】

【0009】〔第1発明の効果〕本発明の球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れている。

【0010】

【発明の実施の形態】以下に、前記発明をさらに具体的にした発明、前記発明以外の他の発明、これら発明の実施の形態について説明する。

【0011】(着眼点) 本発明者らは、上述の従来技術の問題に対して、以下のことに着眼した。すなわち、上述の従来技術の球状黒鉛鋳鉄は、中温延性が十分でなく、MgやPの組成コントロールが難しいという問題点を有している。そこで、本発明者らは、MgやPの含有量の如何を問わず、難しく複雑な管理を必要とすることなく、400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄を得るために、球状黒鉛鋳鉄に通常混入する不純物元素以外の特殊な元素を添加することに着目した。そして、この特殊元素を最終鋳物製品に含有させることによって、中温脆化を抑制し、中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄とができると考えた。

【0012】〔第1実施形態〕本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、主要成分としてC、Si、Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる球状黒鉛鋳鉄であって、Asを0.03~0.20重量%含んでなることを特徴とする。

【0013】本発明の球状黒鉛鋳鉄が優れた効果を発揮するメカニズムについては、未だ必ずしも明らかではないが、次のように考えられる。すなわち、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、主要成分としてC、Si、Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有してなるので、球状黒鉛鋳鉄とができる。また、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、Asを0.03~0.20重量%含んでなる。Asは、中温脆化を緩和、抑制する元素である。この中温脆化は、黒鉛の球状化に与かった以外の余剰のMgが結晶粒界に存在し、発現するものと考えられる。Asは、最終凝固部あるいはフェライト結晶粒界に偏析しやすい元素であり、結晶粒界のMgと結合してMgの脆化

挙動を阻止し、あるいはMgと結合した後の余剰のAsが結晶粒どうしの結合状態を改善して、中温脆性の緩和及び/又は抑制効果を発揮しているものと考えられる。Asの含有量が0.03重量%未満の場合は、中温脆化の緩和効果が十分得られない。また、Asの含有量が0.20重量%を超える場合は、低温での衝撃特性を劣化させ、また黒鉛の球状化を阻害する。

【0014】以上により、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れているものと考えられる。

【0015】〔第1実施形態の好適な形態〕本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、前記第1実施形態において、以下のような好適な実施形態(発明)を探りうる。

【0016】(Cの含有量) Cの含有量は、2.7~4.2重量%が好適である。Cは、亜共晶組成の2.6重量%以下では、球状黒鉛数が少なく、凝固開始温度が高く铸造性が悪いので好ましくない。また、C量が高いと黒鉛が粗大化し易く、ドロスが多くなるので、4.2重量%以下が好ましい。

【0017】(Siの含有量) Siの含有量は、3.5~5.2重量%が好適である。Siは、耐酸化性を向上させる元素であり、3.5重量%未満では700°C以上の耐酸化性が不足するので好ましくない。また、5.2重量%を超えると、延性に問題が生じる虞れがあるので好ましくない。なお、耐酸化性を要求される場合には、Siの含有量を4重量%~5.2重量%とすることがより好ましい。また、良好な溶解および铸造性を確保する目的で、炭素等量、すなわちC量+Si量/3を4.0~5.5とすることが好ましい。

【0018】(Mnの含有量) Mnの含有量は、1.0重量%を超えると延性が低下するので、1.0重量%以下が好適である。さらに、低温での延性を十分に確保する目的の場合は、0.5重量%以下がより好適である。

【0019】(Sの含有量) Sは不可避元素であり、その含有量は0.03重量%以下が好適である。Sの含有量が0.03重量%を超えると、SがMgやCaと結合して黒鉛球状化を阻害する虞れがある。

【0020】(Mgの含有量) Mgは、黒鉛球状化成分である。Mgの含有量は、0.02~0.15重量%が好適である。Mg量が0.02重量%未満では、黒鉛の球状化が十分とならない虞れがある。また、Mg量が0.15重量%を超えると、黒鉛球状化効果が飽和し、さらに、余剰のMgが最終凝固部に晶出して中温脆化の原因となる虞れがある。なお、Mgの含有量は、0.03~0.08重量%がより好適である。Mg量が0.05重量%を超えると、Mgが酸化物となって低温での延性を害する虞れがある。また、黒鉛球状化成分は、Mgを少なくとも0.02重量%含み、Mg、Ca、希土類元素の少なくとも1種以上を0.02~0.15重量%

含有してなる構成でもよい。

【0021】(Asの含有量) Asの好適な含有量は、0.03~0.15重量%である。これにより、低温での延性を十分に確保する。

【0022】〔第2実施形態〕本第2実施形態の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、前記第1実施形態の好適な実施形態である。すなわち、本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、C: 2.7~4.2重量%、Si: 3.5~5.2重量%、Mn: 1.0重量%以下、S: 0.03重量%以下、Mg: 0.02~0.15重量%（またはMgを少なくとも0.02重量%含み、Mg, Ca, 希土類元素の少なくとも1種以上: 0.02~0.15重量%）、As: 0.03~0.20重量%、残部: Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする。

【0023】すなわち、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、上記本発明の第1実施形態において、さらに、C: 2.7~4.2重量%、Si: 3.5~5.2重量%、Mn: 1.0重量%以下、S: 0.03重量%以下、Mg: 0.02~0.15重量%（または、Mgを少なくとも0.02重量%含み、Mg, Ca, 希土類元素の少なくとも1種以上: 0.02~0.15重量%）、としてなることを特徴とする。これにより、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れているものと考えられる。また、Mgの他にCaや希土類元素の少なくとも1種以上を含有させた場合には、黒鉛の球状化をより安定して行うことができる。

【0024】〔第3実施形態〕本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、主要成分としてC, Si, Mnを含有し、黒鉛球状化成分として少なくともMgを含有し、基地強化成分としてCr, Mo, W, Ti, V, Ni, Cuの少なくとも1種以上を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる球状黒鉛鋳鉄であって、Asを0.03~0.20重量%含んでなることを特徴とする。

【0025】本発明の球状黒鉛鋳鉄が優れた効果を発揮するメカニズムについては、未だ必ずしも明らかではないが、次のように考えられる。すなわち、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、上記本発明の第1実施形態において、さらに、基地強化成分としてCr, Mo, W, Ti, V, Ni, Cuの少なくとも1種以上を含有してなる。これにより、基地中のFeと置換固溶または一部が炭化物を形成し、あるいは黒鉛化を促進するなど、基地組織が強化改良される。また、Asと基地強化成分は、相互干渉する事がないので、Asにより中温における延性を保ちながら、高温強度を向上することができる。

【0026】以上により、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れているものと考えられる。また、高温強度が向上するので、中温脆化域をはさんだ低温と高温領域の間を繰り返し加熱-冷却される場合の熱疲労寿命に優れているものと考え

られる。

【0027】〔第3実施形態の好適な形態〕本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、前記第3実施形態において、以下のような好適な実施形態（発明）を探りうる。

【0028】(Cr, Mo, W, Ti, V) 本発明の球状黒鉛鋳鉄は、Cr, Mo, W, Ti, Vの少なくとも1種以上を、1.0重量%以下含有してなることが好ましい。このCr, Mo, W, Ti, Vは、高温強度を改善する元素である。特に、高温でのクリープ強度を改善したい場合には、Moの添加が有効である。なお、これら元素を複合的に含有させてもよい。上記元素の含有量は、多いと延性を害する虞れがあるので、1.0重量%以下が好ましい。なお、上記元素〔Cr, Mo, W, Ti, Vの少なくとも1種以上〕の好適な含有量は、0.1~0.8重量%である。これにより、延性を損なうことなく、高温強度を高めることができる。

【0029】(Ni, Cu) 本発明の球状黒鉛鋳鉄は、Ni, Cuの少なくとも1種以上を、3重量%以下含有してなることが好ましい。このNi, Cuは、黒鉛化促進元素である。Niは含有量が多くても弊害は少ないが、Cuは量が多いと黒鉛の球状化を妨げる所以、目的または目的組成に応じて、元素や含有量を選択する。上記のうち、Cr, Mo, W, Vは、白鉄化助長元素であるので、黒鉛化促進元素としてのNi, Cuを併用することが望ましい。その場合は、上記白鉄化助長元素と同等以上の量を添加することが好ましい。なお、上記元素〔Ni, Cuの少なくとも1種以上〕の好適な含有量は、0.2~1.0重量%である。これにより、炭化物形成を抑制し、延性に優れた鋳鉄が得られる。

【0030】〔第4実施形態〕本第4実施形態の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、前記第3実施形態の好適な実施形態である。すなわち、本発明の中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄は、C: 2.7~4.2重量%、Si: 3.5~5.2重量%、Mn: 1.0重量%以下、S: 0.03重量%以下、Mg: 0.02~0.15重量%（またはMgを少なくとも0.02重量%含み、Mg, Ca, 希土類元素の少なくとも1種以上: 0.02~0.15重量%）、Cr, Mo, W, Ti, Vの少なくとも1種以上: 1重量%以下、Ni, Cuの少なくとも1種以上: 3重量%以下、As: 0.03~0.20重量%、残部: Feおよび不可避不純物からなることを特徴とする。

【0031】すなわち、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、上記本発明の第3実施形態において、さらに、Cr, Mo, W, Ti, Vの少なくとも1種以上: 1重量%以下、Ni, Cuの少なくとも1種以上: 3重量%以下、含有してなる。これにより、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れているものと考えられる。また、高温強度が向上するので、中温脆化

域をはさんだ低温と高温領域の間を繰り返し加熱-冷却される場合の熱疲労寿命に優れているものと考えられる。

【0032】〔第5実施形態〕本発明のエキゾーストマニホールドは、上記第1実施形態～第4実施形態、およびそれとの好適な実施形態に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかからなることを特徴とする。

【0033】本発明の球状黒鉛鋳鉄が優れた効果を発揮するメカニズムについては、未だ必ずしも明らかではないが、次のように考えられる。すなわち、エキゾーストマニホールドは、中温脆化領域をはさむ低温領域と高温領域の間を、繰り返し加熱-冷却される。従って、中温脆化が発生すると、熱疲労亀裂が発生し易く、またその進展も速い。本発明のエキゾーストマニホールドは、上記第1実施形態～第4実施形態、およびそれとの好適な実施形態に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかからなるので、中温での延性に優れており、熱疲労亀裂に対して優れた耐久性を有する。

【0034】以上により、本発明のエキゾーストマニホールドは、400°C付近での中温脆化域における延性に優れており、優れた耐久性を有するものと考えられる。

【0035】〔第6実施形態〕本発明の球状黒鉛鋳鉄の製造方法は、前記第1形態～第4実施形態およびそれとの好適な実施形態に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかの組成となるように原料を調製し、鋳造することにより、400°C付近での中温脆化域における延性に優れた球状黒鉛鋳鉄としてなることを特徴とする。

【0036】本発明の球状黒鉛鋳鉄が優れた効果を発揮するメカニズムについては、未だ必ずしも明らかではないが、次のように考えられる。すなわち、黒鉛球状化のために添加されるMgを含有する球状黒鉛鋳鉄においては、中温脆化はMgの粒界偏析によって中温脆化が発生すると考えられる。本発明の球状黒鉛鋳鉄の製造方法は、前記第1形態～第4実施形態およびそれとの好適な実施形態に記載の球状黒鉛鋳鉄の何れかの組成となるように原料を調製し、鋳造することにより、すなわち、Asを添加することにより、結晶粒界のMgと結合してMgの脆化挙動を阻止し、あるいはMgと結合した後の余剰のAsが結晶粒どうしの結合状態を改善して、中温脆性の緩和及び／又は抑制効果を発揮しているものと考えられる。

【0037】以上により、本発明の球状黒鉛鋳鉄の製造方法により、MgやPの含有量の如何を問わず、難しく複雑な管理を必要とすることなく、中温延性に優れた球状黒鉛鋳鉄を容易に製造することができるものと考えられる。また、本製造方法により得られた球状黒鉛鋳鉄は、400°C付近での中温脆化域における延性に優れている。

【0038】〔発明の好適な適用分野の例〕本発明および上記実施形態において得られる球状黒鉛鋳鉄は、As量を適正量添加することにより、中温脆化を抑制し、400°C近傍での必要な延性を確保することができる。Asは、鋳鉄の基地組織をバーライト化する元素であるので、Asの添加量が多い場合には、フェライト化焼鈍を行ってから実用に供する方法がある。また、この球状黒鉛鋳鉄は、鋳鉄基地がバーライトである場合よりもフェライトである場合の方が延性により優れているが、バーライトである場合にも400°C付近での中温脆化域における延性に優れた効果を発揮する。溶解も一般的の溶解法と異なることなく、通常の溶解法を採用することができ、安価で中温延性に優れた鋳鉄を容易に得ることができる。本発明（実施形態を含む）の黒鉛球状鋳鉄は、エキゾーストマニホールドなどの自動車用排気系部品などのほか、高温加熱-冷却が繰り返される箇所に使用される部品に適用することが好適である。

【0039】

【実施例】以下に、本発明の実施例を説明する。

【0040】（第1実施例）本実施例は、球状黒鉛鋳鉄の中温脆化現象と、中温脆化に及ぼすAsの影響について調べた。先ず、球状黒鉛鋳鉄製の試料を準備した。ダクタイル銅、グラファイト、金属Siを溶解原料として準備し、この原料を高周波誘導溶解炉で25kg溶解し、次いで、Fe-Si-Mgを添加して球状化処理を、Fe-Siを添加して接種を施し、Yブロック砂型に鋳造した。必要部分を切り出し、窒素雰囲気の電気炉で920°C×3h+730°C×3h、炉冷のフェライト化焼鈍を施した。その後、切削加工によって試験用の試料を得た。得られた試料の化学成分を、表1に示す（試料番号：1～6）。なお、試料番号3の試料については、鋳放し材からも試料を切り出した。

【0041】

【表1】

試料番号	球状黒鉛鋳鉄の化学成分(重量%)							
	C	Si	Mn	P	S	Mg	As	
第1実施例	1	3.51	3.81	0.09	0.007	0.003	0.036	0.031
	2	3.36	3.83	0.08	0.006	0.002	0.032	0.058
	3	3.43	3.73	0.08	0.007	0.003	0.033	0.079
	4	3.44	3.75	0.08	0.007	0.003	0.033	0.098
	5	3.45	3.78	0.07	0.007	0.002	0.035	0.145
	6	3.47	3.82	0.08	0.006	0.003	0.034	0.182
比較例	C1	3.55	3.87	0.09	0.008	0.003	0.038	無添加
	C2	3.49	3.85	0.08	0.007	0.003	0.037	0.015
	1	C3	3.42	3.86	0.08	0.009	0.003	0.038
								0.225

【0042】比較例1

比較のため、Asを添加していない（試料番号：C1）、またはAsの含有量が本発明の範囲外（試料番号：C2：C3）のほかは、前記第1実施例と同様の組成の比較用試料を、前記第1実施例と同様にして作製した（試料番号：C1～C3）。

【0043】（性能評価試験）得られた本第1実施例にかかる試料および比較例1の比較用試料の性能評価試験を、400°Cでの引張試験および曲げ試験により行った。得られた結果を、図1に示す。なお、引張試験片は、平行部がΦ8×40mmの形状であり、2.5×10⁻³/mm/秒のひずみ速度で行った。曲げ試験は、400°Cでの延性を、引張試験に比べて簡便に評価するために行ったものであり、JIS3号のシャルピー衝撃試験片を用い、図2に示すような3点曲げ試験を、4.2×10⁻³/mm/秒の変位速度で行った。次に、比較用試料（試料番号C1）について、試験温度による引張破断伸びの変化を調べた。その結果を、図3に示す。なお、引張試験片は、平行部がΦ8×40mmの形状であり、2.5×10⁻³/mm/秒のひずみ速度で行った。

【0044】（性能評価試験結果）図1より明らかなように、400°Cでの引張破断伸びおよび曲げ破断たわみ量は、As量が増えるとともに同じように変化している。すなわち、いずれもAs量が0.02%以下では著しく低いが、As量が0.03%を越えると急激に大きくなっている。その量が約0.1%のときに最大となる傾向が見られる。このように、本実施例により、As添加によって中温脆化が抑制されることが分かる。また、

As添加による中温脆化の抑制効果は、その量が約0.1%で飽和し、0.2%を越えると、その効果が小さくなることから、Asの含有量としては、0.03～0.2%が望ましいことが分かる。一方、図3から明らかのように、Asを添加していない試料番号C1の比較用試料では、400°C付近の温度で破断伸びが著しく低下しており、中温脆化が生じていることが分かる。また、試料番号3は、鋳放し材では、基地の約60%がバーライト組織であった。鋳放し材で400°C曲げを行った結果、1.02mmのたわみ量が得られ、フェライト化焼鈍材の1.10mm（図1）よりは若干劣るもの、実用上十分な中温延性を有していることが分かった。

【0045】（第2実施例）前記第1実施例と同様にして、CおよびSi量を変えた球状黒鉛鋳鉄（試料番号：7～9）、球状化処理剤としてMgとともにCaあるいは稀土類を添加した球状黒鉛鋳鉄（試料番号1～12）、基地を強化して高温強度を高める元素として知られるCr、Ti、V、Mo、Wを添加した球状黒鉛鋳鉄（試料番号13～17）、黒鉛化促進元素として知られるNi、Cuを添加した球状黒鉛鋳鉄（試料番号18～20）を製造し、それぞれ所望の大きさに切り出して試料を作製し（試料番号：7～20）、球状黒鉛鋳鉄の中温脆化現象と、中温脆化に及ぼすAsの影響について調べた。得られた試料の化学成分を、表2に示す。なお、性能評価試験は、400°Cの曲げ試験により行った。得られた結果を、表2に併せて示す。

【0046】

【表2】

試料番号	球状黒鉛鋳鉄の化学成分(重量%)								性能評価試験結果 400°Cたわみ量
	C	Si	Mn	P	S	Mg	As	その他	
第2実施例	7	2.73	5.15	0.21	0.009	0.003	0.038	0.098	1.12
	8	3.82	4.16	0.22	0.008	0.003	0.043	0.105	1.36
	9	4.11	3.62	0.27	0.008	0.002	0.047	0.142	1.18
	10	3.64	3.79	0.18	0.008	0.003	0.038	0.114	Ca: 0.03 1.33
	11	3.79	3.75	0.20	0.009	0.003	0.045	0.131	REM: 0.03 1.22
	12	3.51	3.73	0.18	0.014	0.003	0.038	0.095	Ca: 0.03, REM: 0.03 1.30
	13	3.81	3.85	0.24	0.012	0.002	0.037	0.105	Cr: 0.22 1.24
	14	3.74	3.84	0.21	0.009	0.003	0.032	0.088	Ti: 0.022 1.05
	15	3.81	3.93	0.26	0.009	0.002	0.037	0.095	V: 0.1 1.12
	16	3.15	5.11	0.25	0.010	0.003	0.041	0.119	Mo: 0.55 1.04
	17	3.69	3.76	0.20	0.008	0.004	0.040	0.107	W: 0.71 1.16
	18	3.33	4.87	0.25	0.016	0.003	0.038	0.103	Ni: 0.60 1.28
	19	3.64	3.74	0.20	0.013	0.002	0.039	0.105	Cu: 0.20 1.20
	20	3.15	4.77	0.24	0.012	0.003	0.042	0.103	Mo: 0.45, Ni: 0.50 1.02

【0047】比較例2

比較のため、Asの含有量が本発明の範囲外のほかは前記第2実施例と同様の組成の比較用試料を、前記第2実施例と同様にして作製し（試料番号：C4～C17）、

同様に性能評価試験を400°Cの曲げ試験により行つ *

20* た。得られた結果を、表3に併せて示す。なお、得られた比較用試料の化学成分を、表3に示す。

【0048】

【表3】

試料番号	球状黒鉛鋳鉄の化学成分(重量%)								性能評価試験結果 400°Cたわみ量
	C	Si	Mn	P	S	Mg	As	その他	
比較例2	C4	2.85	5.18	0.25	0.008	0.003	0.041	0.008	0.53
	C5	3.77	4.03	0.18	0.012	0.002	0.045	0.015	0.55
	C6	4.16	3.55	0.24	0.011	0.004	0.039	0.013	0.48
	C7	3.68	3.75	0.22	0.013	0.003	0.037	0.009	Ca: 0.03 0.50
	C8	3.75	3.82	0.19	0.009	0.002	0.043	0.017	REM: 0.03 0.56
	C9	3.55	3.74	0.21	0.011	0.004	0.037	0.017	Ca: 0.02, REM: 0.02 0.51
	C10	3.84	3.81	0.22	0.011	0.004	0.041	0.016	Cr: 0.24 0.45
	C11	3.79	3.88	0.19	0.008	0.002	0.040	0.016	Ti: 0.025 0.19
	C12	3.85	3.95	0.23	0.012	0.004	0.039	0.014	V: 0.021 0.37
	C13	3.12	5.15	0.27	0.011	0.003	0.042	0.016	Mo: 0.52 0.31
	C14	3.67	3.75	0.21	0.007	0.004	0.044	0.013	W: 0.75 0.43
	C15	3.38	4.84	0.23	0.012	0.002	0.036	0.009	Ni: 0.60 0.46
	C16	3.66	3.71	0.18	0.015	0.003	0.036	0.015	Cu: 0.20 0.40
	C17	3.13	4.75	0.21	0.016	0.004	0.043	0.014	Mo: 0.41, Ni: 0.50 0.28

【0049】表2および表3より明らかなように、すべての場合において、本実施例にかかる試料のたわみ量は比較例2の比較用試料よりも大きくなっている。Asの添加によって中温脆化が抑制されることが分かる。

【0050】上記実施例から明らかなように、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、Asを適正量添加することにより、中温脆化を抑制し、400°C近傍での延性を確保できるこ

とが分かる。また、鋳鉄基地がバーライトである場合よりもフェライトである場合の方が延性に優れるのは勿論であるが、バーライト量が多い場合にも上記効果を発揮していることが分かる。溶解も通常の溶解法と異なることはなく、安価で中温延性に優れた鋳鉄を容易に得ることができる。従って、本発明の球状黒鉛鋳鉄は、エキゾーストマニホールドなどの自動車用排気系部品により好

適である。すなわち、中温延性に優れるので、高温加熱と冷却が繰り返される使用環境に適用する場合にあっても寿命が長く、実用上の極めて大きい効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例において得られた球状黒鉛鋳鉄および比較例1の比較用球状黒鉛鋳鉄の性能評価試験結果を示す線図である。

【図2】本発明の第1実施例で得られた球状黒鉛鋳鉄お*

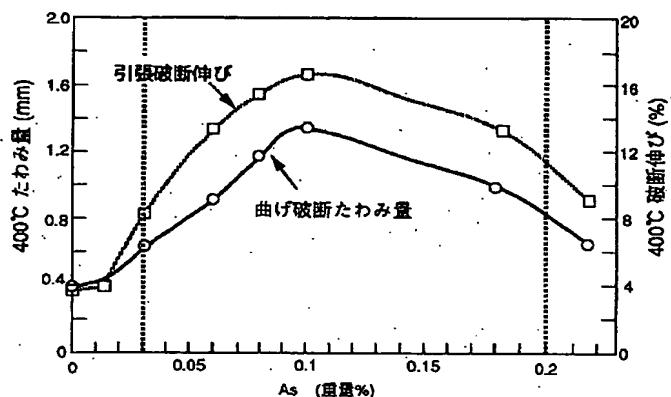
* よび比較例1の比較用球状黒鉛鋳鉄の性能評価のために行った曲げ試験について説明する説明図である。

【図3】比較例1の比較用球状黒鉛鋳鉄の性能評価試験結果を示す線図である。

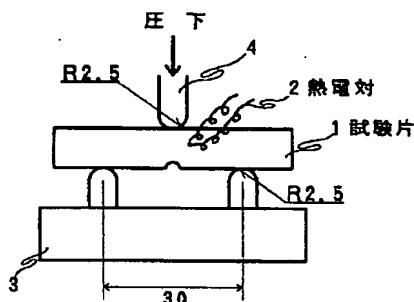
【符号の説明】

- 1 試験片
- 2 熱電対
- 3 支持台
- 4 圧下用治具

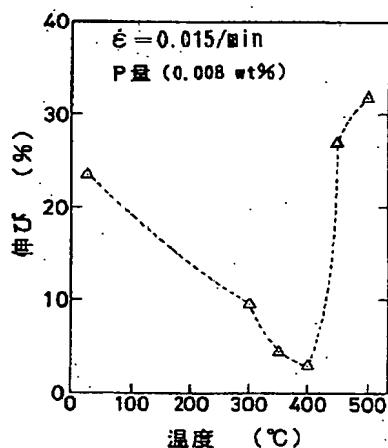
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 岩永 省吾

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 粟野 洋司

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 日比野 義博
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内

(72)発明者 上野 治己
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内